Environment Canada Environnement Canada

Canada

CLIMATE CHANGE DIGEST

CCD 88-01 The Implication of Climate Change for Agriculture in the Prairie Provinces

CCD 88-02 Preliminary Study of the Possible Impacts of a One Metre Rise in Sea Level at Charlottetown, Prince Edward Island

CCD 88-03 Implications of Climate Change for Downhill Skiing in Quebec

CCD 88-04 Economic Perspectives on the Impact of Climate Variability and Change: A Summary Report

CCD 88-05 Implications of Climatic Change for Tourism and Recreation in Ontario

CCD 88-06 Estimating Effects of Climatic Change on Agriculture in Saskatchewan, Canada

CCD 88-07 Socio-Economic Assessment of the Physical and Ecological Impacts of Climate Change on the Marine Environment of the Atlantic Region of Canada - Phase I

CCD 88-08 The Implications Climate Change for Natural Resources in Quebec

CCD 88-09 CO_2 Induced Climate Change in Ontario: Interdependencies and Resources Strategies

CCD 89-01 Climate Warming and Canada's Comparative Position in Agriculture

CCD 89-02 Exploring the Implications of Climatic Change for the Boreal Forest and Forestry Economics of Western Canada

CCD 89-03 Implications of Climatic Change for Prince Albert National Park, Saskatchewan

CCD 89-04 Implications of Climate Change on Municipal Water Use and the Golfing Industry in Quebec

CCD 89-05 The Effects of Climate and Climate Change on the Economy of Alberta

000421

Environment Canada Environnement Canada

RECEIVED/RECU
C&P
8 MAR 90 11 02

91-06190/

The Effects of Climate and Climate Change on the Economy of Alberta

A summary of an Acres International Limited report:
"The Environment/Economy Link in Alberta and the Implications under Climate Change"

Prepared for
Climate Change Digest
Atmospheric Environment Service

by

T.O. Goos
Western Region
Atmospheric Environment Service

This Report Contributes to State of Environment Reporting

DISCLAIMER

This publication contains a summary of the results of study prepared under contract, by Acres International Ltd., to the Canadian Climate Centre. The views and opinions expressed herein are those of the authors and do not necessarily state or reflect those of the Government of Canada or any agency thereof.

Single copies of this publication may be obtained, free of charge, by writing to the:

Climate Services Division
Canadian Climate Centre
4905 Dufferin Street
Downsview, Ontario
M3H 5T4
(416)739-4331/4328

Copies of the complete reports may be purchased by writing to:

Acres International Ltd.
Suite 500
10201 Southport Road S.W.
Calgary, Alta.
T2W 4X9

Published by Authority of the
Minister of the Environment

©Minister of Supply and Services
Canada 1989

Catalogue No. EN57-27/1989-05
ISBN 0-662-57028-6
ISSN 0835-3980

FOREWORD

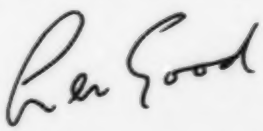
Within the space of one year, four major international statements have declared atmospheric change, and particularly climate warming, a major environmental issue demanding political action.

In June 1988, a large group of policy makers, scientists, economists and other experts from 46 nations, participating in the World Conference on the Changing Atmosphere in Toronto, declared that "humanity is conducting an unintended, uncontrolled globally pervasive experiment whose ultimate consequences could be second only to a global nuclear war." The participants were referring to the rapid change in the composition of the Earth's atmosphere due to human release of pollutants.

Seven months later, in January 1989, the UN General Assembly adopted the "Malta Resolution" that echoed the concerns of the Toronto Conference statement and encouraged governments and organizations around the world to treat climate change as a priority issue. In February, at New Delhi's International Conference on Global Warming and Climate Change: Perspectives from Developing Countries, attendees called global warming "the greatest crisis ever faced collectively by humans." On March 10, 1989, Heads of State from 24 nations signed the 'Declaration of The Hague' which declared that "Today, the very conditions of life on our planet are threatened by severe attacks to which the earth's atmosphere is subjected."

The scientific evidence is increasingly clear that the Earth's atmosphere is undergoing major changes. These changes have already in some respects (such as CO_2 concentrations) exceeded the limits of natural atmospheric fluctuations over at least the past 100,000 years and are projected to become significantly larger with time. It is highly probable that the world we leave to the next generations will be climatically unlike any that mankind has previously experienced.

Numerous international studies have already attempted to evaluate the implications of these changes. In Canada, the Atmospheric Environment Service of Environment Canada has been at the leading edge of this activity, having implemented, in 1984, a program to assess and identify the potential social and economic impacts of climate warming. This publication series has been developed to provide, in summary format, the results of these studies and to identify other issues related to climate change.



Len Good
Deputy Minister
Environment Canada

PREFACE

The Canadian Climate Centre (CCC) has funded a number of studies to investigate the potential impacts, on various sectors of the Canadian economy, of climate warming expected because of the increasing concentrations in the atmosphere of the "greenhouse gases". The equivalent of a doubling of the amount of CO_2 was the situation selected.

The first issue of the Climate Change Digest identified the major socio-economic impact studies undertaken since 1984. A list of earlier titles in the series appears on the inside front cover.

This issue presents the results of a study into the link between climate change and the economy of the Province of Alberta. One of the study's objectives was to quantify the impacts of the 1988 temperature anomaly in that province, using actual economic data for the same year. The preliminary analysis is particularly interesting because 1988's temperatures, which averaged 3°C higher than normal for the year, were similar to those projected (due to climate change) to be the new normals four to five decades from now.

Dr. D. Kirk Dawson
Director General
Canadian Climate Centre

1. Study Highlights

Agriculture:

- regional agricultural economies are strongly affected by meso and micro scale weather and climate patterns. The overall provincial agricultural economy is less dependent on climate due to the likelihood of offsetting positive and negative regional impacts.

- certain sectors of agriculture are much more strongly dependent on weather and climate than others. Crops in general and cereal crops specifically are much more dependent on climate than is the production of livestock, for example.

- under the climate change scenario, there will be significant sectoral and regional impacts. However, adaptive methods appear to have the potential to mitigate these impacts considerably province-wide by employing the recognized sectoral and regional linkages i.e. by changing crop types and farming methods across regions and by adjusting the mix of farming in any given region.

Forestry:

- forest fire occurrence and frequency are dependent on the seasonal distribution of precipitation, not just mean or total amounts. Extreme climatic events such as the frequency, intensity, and length of heat-waves and droughts are very significant factors.

- current general circulation model (GCM) predictions, particularly of precipitation, are probably not reliable enough to estimate the frequency or intensity of future fire occurrences.

Energy Use:

- energy utilities have generally established linkages and modelled the impact of climate on energy use. For example, the correlation between the energy used in home heating and the cumulative heating degree-day parameter is well established.

- total provincial electrical usage is not strongly dependent on the climate.

- based on the Goddard Institute of Space Studies model (GISS) $2XCO_2$ scenario, the total provincial electrical energy saving is estimated at one-half of one percent annually. The peak load would be reduced up to one percent in the winter with an increase in load of one-half of one percent in summer. This result would increase the efficiency of the overall system.

- natural gas consumption is strongly dependent on the climate; about 20% of consumption is independent of climate.

- the GISS scenario implies a 20% reduction in demand for natural gas with a flattening of loads in the winter.

Other:

- climate-recreation linkages are highly specific i.e. particular activities are frequently dependent on very specific weather/climate parameters. While understood in general, these links have not been identified in detail nor is the economic data generally available to support an environment-economy link.

- general results suggest climate change would extend the seasonal and geographical range suitable for many summer activities while the effects on winter activities are more uncertain.

- the links between climate and wildlife populations and climate and human settlement patterns are also not well defined.

2. STUDY OBJECTIVES

The study objectives were to:

- quantify recent climatic anomalies and associated economic data.

- identify analogies between recent anomalies and GCM model forecasts of the $2XCO_2$ scenario.

- identify historical linkages between climate and economic data, and in particular, to quantify the economic impact of any years analogous to the climate change scenario.

- use the historical linkages to identify potential economic impacts under future climate change.

3. CLIMATE AND GCM ANALYSIS

Eleven stations with temperature and precipitation records for the period January 1978 to December 1987 were chosen to provide representative coverage of the climatic areas and economic regions of the province. The results of three GCM's (GISS, Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL), Oregon State University (OSU)) were extracted to obtain monthly values at seven locations in Alberta for the expected deviation from normal of temperature and precipitation under a $2XCO_2$ scenario. These datasets were then interpolated to provide values representative of the fifteen census divisions in Alberta. (Census divisions were used as the economic data was available for them.)

Direct visual comparison and statistical analysis of the climate data sets on a calendar year basis with the GCM model output led to the conclusion that none of the years were acceptable analogues of the climate change scenarios. The data were re-analyzed to consider impact over an agricultural year (e.g. November to October) as the base but the conclusion was unchanged. Two month averages were also used but the correspondence was not significantly improved.

The prime difficulty in obtaining such an analog was the precipitation component. Precipitation varies greatly from month to month and actual monthly variation from normal is generally much larger than that forecast by the GCM's. Although no detailed study was performed, the data suggested that whereas the GCMs forecast a consistent change in precipitation from month to month, actual precipitation varies widely between months.

As the GCMs precipitation forecasts were considered to be of lower overall reliability than the temperature forecasts, the correspondence criteria for precipitation was relaxed and greater dependence was placed on the correspondence of temperature. As a result, the period from September, 1987 through August, 1988 was identified as the year with the best correspondence to the GCM scenarios. As economic data were generally available for calendar years, the year 1988 was chosen for the study of environment-economy linkages. This period included the agricultural year of 1988.

4. AGRICULTURE SECTOR

4.1 Historical Links

The links between climate and agriculture are well-known, particularly with respect to cereal and oilseed yields. The agro-climatic classification systems generally focus on three variables: precipitation, temperature, and growing season length. In general, the variability in precipitation is considered important on the short-term (intra-year) while variations or changes in temperatures are assumed to affect only long-term cropping patterns.

Indices were developed to represent the real economic value (assuming constant prices, areas planted and technology) of the following sectors:

- wheat, barley and canola
- all crops
- all crops and livestock

These were compared to an indice representing the total May-July precipitation.

The relationships between these indices are shown in Table 1 on a province-wide basis. The correlation coefficient (R^2) is a measure of the proporation of the variance in crop production which is explained by the variance in precipitation. The elasticity is defined to be the ratio of the percentage change in the yield and the percentage deviation from normal of the precipitation for the period. Crop yields are highly correlated with the

precipitation amounts therefore whereas total agricultural output is less well correlated.

Table 1 The Elasticity and Correlation between crop production and a precipitation index.[1]

	Elasticity	R^2
Wheat, Barley, and Canola	.60	.82
All Crops	.42	.67
All Crops and Livestock	.22	.58

Similar correlation analyses for each of wheat, barley and canola identified a varied relationship between crop yields and precipitation between crops and across eco-regions. In general, barley was most highly correlated with precipitation and canola was least; the three crops were most highly correlated with precipitation in the mixed and fescue grass eco-regions of the province and less well correlated in the boreal mixedwood region. This data identifies the varied crop response to moisture deficits across the province.

The variation of crop response to climate variables (due to independent variables such as crop varieties, soil types, etc.) makes impact studies in agriculture complicated. As the level of data aggregation is increased either between crops or across regions, the relation to climate variables, and in particular precipitation, is more obscure. The spatial averaging of yields and climate variables present in datasets aggregated across all or part of a province masks the large regional and crop dependencies.

As the Alberta agricultural economy is relatively diverse, adverse regional climatic conditions have a relatively minor impact on the overall provincial economy. Further, the agricultural gross domestic product (GDP) is only about 4% of the provincial GDP so the net effect on the total economy is small.

Beyond direct crop response/yield relationships with the climate and their direct effect on the economy, climate variables affect additional agricultural programs. For example, payments from the Alberta Hail and Crop Insurance Corporation for weather related agricultural losses varied from $50 million to $235 million over the 5 years ending in 1988. The effects of drought were the major reasons for such payments but hail, frost and excess moisture were significant components as well. Other programs affected include the Alberta

---

[1] This table shows that, for example, a 10% decrease in precipitation will result in a 6% drop in the value of wheat, barley and canola production. Alternately, 82% of the variance in the production is explained by the variance in the precipitation.

Agriculture Dugout Pumping Program and the on-farm Water Grants Program. The historical relationships between costs of these programs and climate variables were not evaluated in detail.

4.2 Conditions in 1988

In 1988, drought conditions were distributed regionally. Precipitation deficits in southern Alberta (and associated impacts) were offset by excellent conditions in the north. Overall, provincial output was near record for the agricultural sector as a whole. However, the severe local drought conditions, especially in April-May in southern Alberta, precipitated a high demand for rural water development projects. Total costs for fiscal year 1988/89 are estimated to have exceeded $35 million; significantly higher than previous annual totals.

4.3 Future scenarios

Rizzo (1988) has developed a scenario for the change in the extent and distribution of eco-regions under a $2XCO_2$ scenario. A comparison of these changes from the current distribution suggests the following general impacts on the eco-regions of interest:

- productivity of the grassland region would be halved (due to a change to arid grassland)
- the aspen parkland would become grassland
- the boreal mixedwood would become grassland

The correlations developed in section 4.1 may be applied to the potential new distribution of eco-regions suggested above under a climate change scenario. The scenario suggests the total agricultural land area would increase by 28%. Assuming that the average production per farm (in constant $) remains the same, the total provincial number of farmers supported would remain effectively unchanged and the total value of agricultural production may diminish by 5%.

Regionally, however, there would be significant impacts. Figure 1. illustrates the implied regional change in the number of farms and agricultural production within the province as a result of these changes in productive capacity. The number of farmers in southern Alberta would decrease to nearly half of current levels while the boreal mixedwood region in the north would see an increase of 50%. However, this simple analysis does not account for the probable adaptive strategies which would be adopted through changing crop types and varieties, irrigation, etc. which could mitigate the potential adverse impacts in southern Alberta. This analysis also does not consider whether the quality of the soil in the boreal mixedwood region could support this agricultural activity.

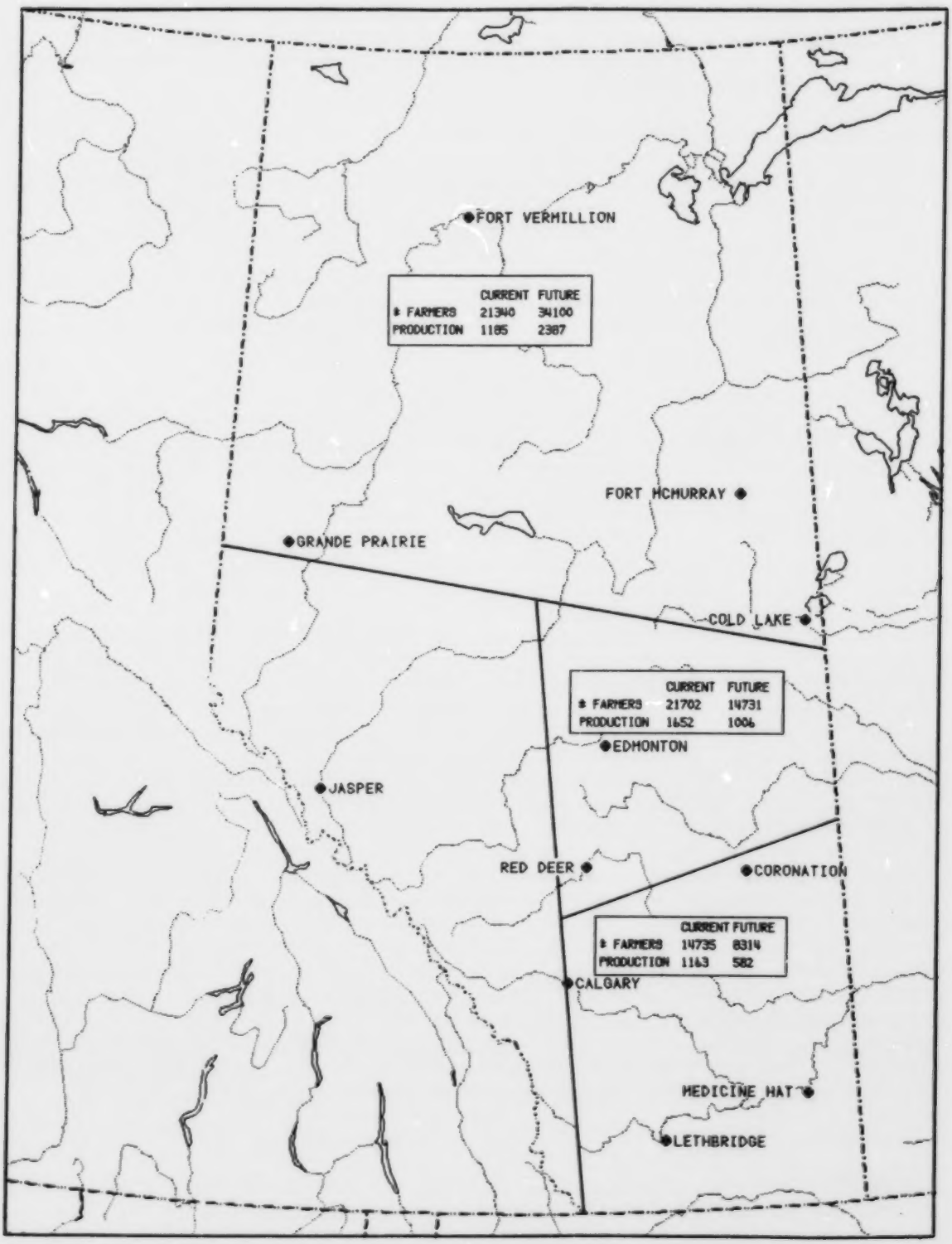


Figure 1 Changes in regional total numbers of farmers and value of farm production (in thousands of $) for the GISS-based climatic change scenarios.

5. FORESTRY

While there are historical linkages between climate and forestry, in the decade under review, the only linkage which might be expected to be found would be a relationship between forest fire occurrence and climate parameters. In fact, fire activity was determined not to be well correlated with changes in mean precipitation during the decade. Precipitation quantity is not the only parameter of interest; the distribution of precipitation over a year is of equal or greater importance.

Although 1988 was a relatively dry year, forest fire activity was well below the long-term average. This is attributed to the relatively even distribution in time of precipitation events during the months of June and July. Also, while the forested areas of the province experienced below normal precipitation for the complete year, precipitation was above normal for the period June-September.

The impacts of climate change on future fire loss potential cannot be realistically estimated until better confidence can be ascribed to the seasonal distribution of GCM precipitation forecasts.

The expansion of the grassland area northwards and the resulting reduction in areal coverage of the boreal mixedwood region within the province suggests a significant loss is probable in forest production. Offsetting this slightly will be the expected increase in biomass production due to the enhanced CO_2 atmosphere. At this point, further research is required into the complex interactions between climate, forestry, and the economy to anticipate the impact of climate change.

6. ENERGY SECTOR

6.1 Historical Linkages

Individual energy utilities have established models of linkages between temperatures and energy demand. For example, the correlation between energy used in heating and the heating degree-days parameter is widely accepted. However, as with agriculture, the total provincial demand for electrical energy (for the sub-categories of farm, residential, commercial and industrial sectors) does not show a strong correlation with temperatures. The process of aggregation across the province and averaging of temperatures across a broad area acts to mask the correlations. The change in demand due to other factors such as growth, energy efficiency programs etc. serves to further mask the identification of dependencies on climate factors.

6.2 Conditions in 1988

Consumption of electricity was larger in 1988 than in previous years in all sectors. Consumption of natural gas province-wide was also larger than in previous years. In this case, the effects of economic growth were larger and opposite to those expected with higher temperatures.

6.3 Future Scenarios

Based on the GISS scenario, it is estimated that climate change would result in a net saving of about one-half of one percent of total electrical energy consumption. This would be composed of an increase in consumption during summer months and a decrease in winter months. In addition to the direct saving, the overall system would be slightly more efficient. Utility estimates suggest that an investment saving of over $300 million in generating unit costs could be realized. The electrical energy requirements within specific economic sectors could, however, shift markedly. For example, the demand for energy to support irrigation could increase by 20%.

The GISS scenario suggests there will be approximately a 20% reduction in heating degree days. As up to 80% of natural gas consumption is dependent on this parameter, this implies a significant reduction in consumption. As with the electrical energy sector, a flattening of the winter peak in consumption is implied due to the larger winter warming.

Secondary effects on energy demand were not estimated. It is recognized, however, that changes in industrial and population growth rates and areal distributions will cause significant shifts within the province and could also affect aggregate usage.

7. OTHER SECTORS

Climate and weather are recognized to be significant parameters in determining the suitability of areas for recreation and their attractiveness to tourists. Previous studies have identified the critical climate and weather parameters for specific recreational pursuits. For example, Masterton et. al. (1986) have identified the southern half of Alberta as being most suited for summer activities with low temperatures being the prime limitation for activities in the north. In winter, this report identified the region just to the lee of the Rocky Mountains and through the central regions of the boreal forest as being most suitable for recreation. Activities in other areas of the province were deemed less suitable due to one or more of: low temperatures, high winds, poor snow-cover.

Most climate-recreation linkages are highly specific with any one activity highly dependent on one climate variable. Additionally, for the development of future scenarios, it was necessary that the recreation activity be strongly dependent on one of mean temperature or total precipitation. As the activities are also dependent on many non-climate variables, it was not possible to determine specific climate-recreation linkages for further use in the study. Finally, economic statistics were not generally available with sufficient detail to confirm relationships. In general, however, the results of Masterton et. al. (1986) would suggest that climate change would extend the suitable range of summer activities northwards while effects on winter activities are more uncertain.

Wildlife populations are also linked to climate. In particular, the effect of climate change on wetlands and waterfowl populations has been identified as a concern. However, the links between climatology and the number and distribution of wetlands have not been defined sufficiently to permit further analysis.

8. CONCLUSIONS

The temperature and precipitation data for the period 1978-88 were compared with the GCM scenarios. Due primarily to a lack of good correlation with precipitation patterns, it was not possible to identify a specific year as a good analog to a GCM climate change scenario. Thus, no rigorous basis could be found for scaling economic impacts from an analog year to some time in the future. For particular sectors of the economy, relationships were identified and probable future impacts were noted.

Overall, however, it was determined that very seldom is aggregate provincial economic activity in a sector dependent upon some combination of average temperature or total precipitation. To complete such climate-economy links, one must look at data on a regional basis for very specific sectors of the economy. Averaging due to aggregation of data across sectors or regions diminishes the strength of correlations.

Further economic analysis is, therefore, dependent on the production of climate change scenarios with sufficient detail in time and space to match the economic data. As many sectors of the economy are dependent on very specific climate variables, GCM predictions of many more climate variables must be available, together with information on their variability, frequencies and extreme events. The reliability of the GCM data must also be improved; the wide variation in GCM prediction of precipitation, for example, needs to be reduced to allow this parameter to be used with confidence.

Further climate-economic impact studies for future scenarios are, therefore, probably not warranted at this time except for very specific sectors where the links are known, they are strong, and the available GCM data is considered reliable. However, there exists a continued need to identify the current climate impacts on various economic activities both to monitor impacts and to prepare for future impact studies when the GCM data improves.

9. REFERENCES

Masterton, J.M., et al. The Tourism and Outdoor Recreation Climate of the Prairie Provinces, REC-1-75, Meteorological Applications Branch/Environment Canada, Toronto, 1986.

Rizzo, B. "The Sensitivity of Canada's Ecosystems to Climatic Change", CCELC Newsletter, Number 17 (1988), pp. 10-12.September 5, 1989

Environnement Canada
Environment Canada

Canada

SOMMAIRE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

SCC 88-01 Répercussions du changement climatique sur l'agriculture dans les Provinces des Prairies

SCC 88-02 Étude préliminaire des effets éventuels d'une hausse d'un mètre du niveau de la mer a Charlottetown, dans l'Ile-du-Prince-Édouard

SCC 88-03 Répercussions d'un changement climatique sur l'industrie du ski alpin au Québec

SCC 88-04 Perspectives économiques liées aux répercussions de la variabilité et du changement climatiques : Rapport sommaire

SCC 88-05 Incidences du changement climatique sur le tourisme et les loisirs en Ontario

SCC 88-06 Evaluation des effets du changement climatique sur l'agriculture en Saskatchewan, Canada

SCC 88-07 Évaluation socio-économique des conséquences physiques et écologiques du changement climatique sur le milieu marin dans la region de l'Atlantique - Phase I

SCC 88-08 Impacts d'un changement climatique sur les ressources naturelles du Québec

SCC 88-09 Changement climatique causé par le CO_2 en Ontario - Interdépendences et stratégies en matière de ressources

SCC 89-01 Réchauffement climatique et position relative du Canada en agriculture

SCC 89-02 Exploration de l'incidence du changement climatique sur la forêt boréale et l'économie forestière de l'ouest du Canada

SCC 89-03 Répercussions du changement climatique sur le parc national de Prince Albert Saskatchewan

SCC 89-04 Répercussions d'un changement climatique sur les besoins en eau des municipalites et sur l'industrie du golf au Québec

SCC 89-05 Les effets du climat et du changement climatique sur l'économie de l'Alberta

Environnement Canada
Environment Canada

Les effets du climat et du changement climatique sur l'économie de l'Alberta

Résumé du rapport
Le lien environnement-économie en Alberta
et les implications en cas de changement climatique
Publié par
Acres International Limited

Sommaire du changement climatique
Service de l'environnement atmosphérique

T.O. Goos
Région de l'ouest
Service de l'environnement atmosphérique

La présente publication s'inscrit dans le cadre des rapports
sur l'état de l'environnement

DÉNÉGATION DE RESPONSABILITÉ

La présente publication renferme le résumé des résultats d'un étude menée en vertu d'un contrat par Acres International Ltd. pour le centre climatologique canadien. Les avis et opinions qui y sont exprimés sont ceux des auteurs. Ils n'expriment, ni ne reflètent nécessairement ceux du gouvernment du Canada ou de tout organisme de celui-ci.

Pour obtenir à titre gracieux des exemplaires de cette publication, écrire au :

Division des services climatologique
Centre climatologique canadien
4905 Rue Dufferin
Downsview (Ontario)
M3H 5T4
(416) 739-4331/4328

Pour acheter des exemplaires des rapports au complet, écrire à :

Acres International Ltd.
Suite 500
10201 Southport Road S.W.
Calgary (Alberta)
T2W 4X9

Publié avec l'autorisation du
Ministre de l'Environnement

© Ministre des Approvisionnements
et Services Canada 1989

No de catalogue EN57-27/1989-05
ISBN 0-662-57028-6
ISSN 0835-3980

AVANT-PROPOS

En l'espace d'un an, dans quatre grandes déclarations internationales, on a affirmé que le changement de l'atmosphère et, en particulier, le réchauffement du climat, constituait un important problème environnemental nécessitant une action politique.

En juin 1988, un grand groupe de décisionnaires, de scientifiques, d'économistes et d'autres experts de 46 nations, qui participaient à la Conférence mondiale sur l'atmosphère en évolution tenue à Toronto, a déclaré ceci: "L'humanité se livre sans frein à une expérience inconsciente qui touche l'ensemble du globe et dont les conséquences définitives ne le céderaient en rien, sinon à une guerre nucléaire mondiale." Les participants faisaient allusion au rapide changement que subit la composition de l'atmosphère terrestre du fait de l'émission de polluants par l'homme.

Sept mois plus tard, en janvier 1989, l'Assemblée générale des Nations Unies a adopté la "résolution de Malte", qui se fait l'écho des préoccupations exprimées dans la déclaration de la conférence de Toronto et qui incite les gouvernements et les organismes du monde entier à considérer le climat comme une question prioritaire. En février, à la Conférence internationale de New Delhi sur le réchauffement du globe et le changement climatique: Perspectives pour les pays en voie de développement, les participants ont déclaré que le réchauffement du globe constituait "la plus grande crise jamais affrontée collectivement par l'homme". Le 10 mars 1989, les chefs d'état de 24 nations ont signé la "Déclaration de La Haye", suivant laquelle "Aujourd'hui, les conditions mêmes de vie sur notre planète sont compromises par les graves attaques que subit l'atmosphère terrestre."

Il est de plus en plus manifeste, d'après les faits scientifiques, que l'atmosphère terrestre fait l'objet d'importants changements. Ceux-ci ont, à certains égards (comme la concentration du CO_2), dépassé les limites des fluctuations atmosphériques naturelles survenues depuis au moins les 100 000 dernières années. D'après les projections, ils s'intensifieront beaucoup à la longue. Il est fort probable que le monde que nous léguerons aux prochaines générations présentera un climat différent de tout autre climat que l'humanité ait déjà connu.

Nombre d'études internationales ont déjà tenté d'évaluer les implications de ces changements. Au Canada, le Service de l'environnement atmosphérique d'Environnement Canada joue dans ce domaine un rôle de précurseur. En effet, en 1984, il a mis en application un programme d'évaluation et de détermination des répercussions sociales et économiques éventuelles du réchauffement climatique. On a conçu la présente série de publications pour fournir, sous forme de résumés, les résultats de ces études et pour dégager les autres questions liées au changement climatique.

Len Good

Len Good
Sous-ministre
Environnement Canada

PRÉFACE

Le Centre climatologique canadien (CCC) a financé plusieurs études touchant les effets éventuels, sur divers secteurs de l'économie canadienne, du réchauffement du climat prévu du fait de la concentration croissante des "gaz de serre" dans l'atmosphère. On a retenu le cas d'une quantité deux fois plus importante de CO_2.

Le premier numéro du Sommaire du changement climatique indique les principales études de prospective socio-économique entreprises depuis 1984. La liste des titres antérieurs de la série figure au verso de la première page de couverture.

Le présent numéro donne les résultats d'une étude sur le lien qui existe entre le changement climatique et l'économie de la Province de l'Alberta. Un des objectifs de l'étude consistait à quantifier les effets de l'anomalie de température de cette province en 1988, en s'appuyant sur des données effectives d'économie de la même année. L'analyse préliminaire est particulièrement intéressante, car les températures de 1988, en moyenne supérieures de 3 °C à la normale, étaient analogues à celles qui, du fait du changement climatique, devraient constituer, d'après un calcul par projection, les nouvelles normales qui s'établiront dans quatre ou cinq décennies.

Dr D. Kirk Dawson
Directeur général
Centre climatologique canadien

1. POINTS MARQUANTS DE L'ÉTUDE

Agriculture :

- L'économie des régions agricoles est fortement influencée par les conditions météorologiques et climatiques à petite et moyenne échelles. L'économie agricole de l'ensemble de la province dépend moins du climat car les effets régionaux positifs et négatifs s'équilibrent plus ou moins.

- Certains secteurs de l'agriculture dépendent de façon beaucoup plus étroite du temps et du climat que d'autres. Les cultures en général, et les cultures céréalières en particulier, dépendent beaucoup plus du climat que l'élevage par exemple.

- Selon le scénario du changement climatique, il y aura des répercussions importantes dans certains secteurs et dans certaines régions. Cependant, il semble que des méthodes d'adaptation puissent considérablement atténuer ces répercussions à l'échelle de la province si on reconnait les liens qui existent dans les secteurs et les régions. On pourrait, par exemple, changer le type de cultures et les méthodes agricoles dans les régions et modifier la proportion d'activités agricoles dans une région donnée.

Forêts :

- L'apparition et la fréquence des incendies de forêt dépendent de la répartition saisonnière des précipitations et non seulement des hauteurs moyennes ou totales. Les phénomènes climatiques extrêmes tels que la fréquence, l'intensité et la durée des vagues de chaleur et des épisodes de sécheresse constituent des facteurs très importants.

- Les prévisions des modèles actuels de la circulation générale (MCG), et en particulier les prévisions de précipitations, ne sont probablement pas assez sûres pour permettre d'estimer la fréquence ou l'intensité des occurrences d'incendies éventuelles.

Utilisation d'énergie :

- Les entreprises de production d'énergie ont généralement établi des liens entre le climat et l'utilisation d'énergie et ont modélisé les répercussions du climat sur l'utilisation. Ainsi, la corrélation entre l'utilisation d'énergie pour le chauffage des locaux et l'accumulation des degrés-jours de chauffe est bien établie.

- L'utilisation totale de l'électricité dans la province n'est pas étroitement liée au climat.

- Selon le modèle de l'Institut Goddard pour les études spatiales (GISS) qui porte sur le doublement du gaz carbonique, on estime à 0,5 % l'économie annuelle totale d'énergie électrique dans la

province. La réduction de l'utilisation maximale atteindrait jusqu'à 1 % en hiver mais l'augmentation serait de 0,5 % en été. On accroîtrait ainsi l'efficacité de l'ensemble.

- La consommation de gaz naturel dépend fortement du climat. Il n'y a que 20 % de la consommation qui ne soient pas liés au climat.

- D'après le scénario du GISS, il y aurait une réduction de 20 % de la demande de gaz naturel et une diminution des demandes extrêmes en hiver.

Divers :

- Les liens entre le climat et les loisirs sont très spécifiques et des activités données dépendent souvent de paramètres météorologiques ou climatiques très particuliers. On comprend en général ces liens, mais on ne les a pas précisés et l'on ne dispose généralement pas non plus de données économiques à l'appui du lien entre l'environnement et l'économie.

- D'après les résultats généraux, le changement climatique prolongerait dans l'espace et le temps de nombreuses activités estivales; par contre, les effets sur les activités hivernales sont plus incertains.

- Les liens entre le climat et les populations fauniques ou entre le climat et les établissements humains ne sont pas non plus bien définis.

2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Les objectifs de l'étude visent à :

- quantifier les anomalies climatiques récentes et les données économiques associées.

- trouver des analogies entre les anomalies récentes et les prévisions des modèles MCG du doublement du gaz carbonique.

- déterminer les liens passés entre le climat et les données économiques et, en particulier, quantifier les répercussions économiques des années analogues à celles du scénario du changement climatique.

- recourir aux liens découverts dans le passé pour préciser les répercussions économiques éventuelles d'un changement climatique ultérieur.

3. LE CLIMAT ET L'ANALYSE DES MCG

On a choisi onze stations qui ont des relevés de températures et de précipitations de janvier 1978 à décembre 1987 et qui sont représentatives

des régions climatiques et économiques de la province. On a utilisé les résultats de trois MCG (GISS, Laboratoire géophysique de dynamique des des fluiou GFDL, et Université de l'Orégon ou OSU). On a ainsi pu obtenir, pour-sept emplacements de l'Alberta, des valeurs mensuelles correspondant à l'écart prévu par rapport à la normale de température et de précipitations en cas de doublement du gaz carbonique. On a alors interpolé ces séries de données pour obtenir des valeurs représentatives des quinze divisions de recensement de l'Alberta. (On a utilisé les divisions de recensement car on dispose pour ces régions de données économiques).

On a effectué la comparaison visuelle directe et l'analyse statistique des séries de données climatiques pendant une année civile avec les résultats des modèles MCG. On a alors abouti à la conclusion qu'aucune des années ne constituait d'analogue acceptable d'aucun scénario du changement climatique. On a refait l'analyse des données pour tenir compte des répercussions sur l'année agricole (c'est-à-dire de novembre à octobre), mais là encore, la conclusion reste la même. On a aussi utilisé des moyennes de deux mois, mais sans amélioration sensible de la correspondance.

La difficulté essentielle pour obtenir une telle analogie réside dans le facteur des précipitations. Les précipitations varient énormément d'un mois à l'autre, et la variation mensuelle réelle par rapport à la normale est généralement beaucoup plus grande que la variation prévue par les modèles MCG. On n'a pas effectué d'étude détaillée, mais d'après les données, les MCG prévoient un changement uniforme des précipitations de mois en mois, alors que les précipitations réelles varient considérablement d'un mois à l'autre.

Ayant considéré que les prévisions de précipitations des MCG étaient dans l'ensemble beaucoup moins sûres que les prévisions de température, on a abandonné le critère de la correspondance des précipitations et accordé une plus grande place à la correspondance des températures. A la suite de quoi, on a découvert que la période allant de septembre 1987 à août 1988 était l'année qui correspondait le mieux aux scénarios des MCG. Et puisque l'on dispose généralement de données économiques pour les années civiles, c'est l'année 1988 que l'on a choisi pour l'étude des liens entre l'environnement et l'économie. La période choisie comprend l'année agricole de 1988.

4. SECTEUR AGRICOLE

4.1 Liens dans le passé

Les liens qui unissent le climat et l'agriculture sont bien connus, en particulier dans le cas du rendement des céréales et des graines oléagineuses. Les systèmes de classification agro-climatiques retiennent en général trois variables : précipitations, température et durée de la saison culturale. En général, la variabilité des précipitations est jugée importante à court terme (sur un an) alors que l'on considère les variations ou changements de température comme ayant seulement des effets à long terme sur les récoltes.

On a mis au point des indices pour représenter la valeur économique réelle des secteurs suivants (en supposant que les prix, les superficies cultivées et les techniques sont constantes) :

- blé, orge et colza canola
- toutes les cultures
- toutes les cultures et le bétail

On a comparé ces indices à un indice représentant le total des précipitations de mai à juillet.

Les rapports entre ces divers indices figurent au tableau 1 qui représente toute la province. Le coefficient de corrélation (R^2) exprime la proportion de la variance de la production des cultures qui s'explique par la variance des précipitations. L'élasticité se définit comme le quotient du changement de pourcentage du rendement par l'écart du pourcentage des précipitations par rapport à la normale pour la période. Le rendement des récoltes est donc en étroite corrélation avec les hauteurs de précipitations, tandis que la production agricole globale l'est moins.

Tableau 1 Élasticité et corrélation entre la production de culture et un indice de précipitations.[1]

	Élasticité	R^2
Blé, orge et colza canola	0,60	0,82
Toutes les cultures	0,42	0,67
Toutes les cultures plus le bétail	0,22	0,58

L'analyse des corrélations similaires concernant respectivement le blé, l'orge et le colza canola a révélé des relations diverses entre le rendement des récoltes et les précipitations selon les récoltes et selon les régions économiques. En général, c'est l'orge qui s'avère en corrélation la plus étroite avec les précipitations et le colza canola en corrélation la plus faible; on a trouvé pour ces trois cultures la corrélation la plus forte avec les précipitations dans les régions économiques mixtes et de cultures fourragères (fétuque) de la province; la corrélation la plus basse se retrouve dans la région des forêts boréales mixtes. Cette donnée explique la réaction différente des cultures au déficit d'humidité dans la province.

---

[1] Le tableau montre que, par exemple, une augmentation des précipitations de 10 % entraine une chute de 6 % de la valeur de la production de blé, d'orge et de colza canola. D'autre part, 82 % de la variance de la production s'explique par la variance des précipitations.

La variation de la réaction des cultures aux variables climatiques (variation causée par des variables indépendantes comme les variétés de cultures, les types de sol, etc.) complique beaucoup les études de répercussions dans le domaine agricole. A mesure qu'on regroupe davantage de données sur les différentes récoltes ou régions, le lien avec les variables climatiques, et en particulier les précipitations, devient plus obscur. La mise en moyenne spatiale des rendements et des variables climatiques qu'on trouve dans les séries de données collectives de toute la province ou d'une partie de la province masque les liens étroits au niveau des régions et des cultures.

Comme l'économie agricole de l'Alberta est relativement diversifiée, les conditions climatiques régionales fâcheuses ont des répercussions relativement minimes sur l'ensemble de l'économie de la province. En outre, le produit intérieur brut agricole (PIB) ne constitue que 4 % du produit intérieur brut de la province, si bien que l'effet net sur l'économie globale est minime.

Outre les relations directes avec le climat de la réaction et du rendement des cultures et l'effet direct de ces relations sur l'économie, les variables climatiques touchent d'autres programmes agricoles. Ainsi, les paiements assurés par l'Alberta Hail and Crop Insurance Corporation en dédommagement des pertes agricoles d'origine météorologique sont passés de 50 millions de dollars à 235 millions de dollars en 5 ans (de 1984 à 1988). Les effets de la sécheresse étaient la cause essentielle de ces versements mais la grêle, le gel et l'excès d'humidité étaient aussi des éléments importants. Parmi les autres programmes touchés, citons l'Alberta Agriculture Dugout Pumping Program et le Water Grants Program qui s'appliquent aux exploitations agricoles. On n'a pas évalué en détail les liens qui ont existé par le passé entre le coût de ces programmes et les variables climatiques.

4.2 Conditions en 1988

En 1988, on constate une répartition régionale de la sécheresse. Le déficit des précipitations dans le sud de l'Alberta et ses répercussions se sont trouvés compensés par les excellentes conditions qui ont régné dans le nord. Dans l'ensemble, la province a eu dans le secteur agricole global une production presque record. Cependant, la grave sécheresse locale surtout en avril-mai dans le sud de l'Alberta a déclenché une forte demande de travaux de canalisation en zone rurale. On estime à plus de 35 millions de dollars les coûts totaux pour l'exercice financier 1988-1989, soit nettement plus que les années précédentes.

4.3 Scénarios éventuels

Rizzo (1988) a mis au point un scénario du changement de superficie et de répartition des régions économiques en cas de doublement du gaz carbonique. La comparaison de ces changements avec la répartition actuelle laisse entrevoir les répercussions générales suivantes sur les régions économiques qui nous intéressent :

- la productivité de la région de prairies diminuerait de moitié (la zone se transformant en prairies arides)
- les zones plantées de trembles deviendraient des prairies
- les forêts boréales mixtes deviendraient des prairies

On peut appliquer les corrélations développées à la section 4.1 à la nouvelle répartition possible des régions économiques que mentionne ci-dessus le scénario des changements climatiques. Le scénario laisse entendre que la superficie agricole totale augmenterait de 28 %. En supposant que la production moyenne par exploitation agricole reste la même (en dollars constants), le nombre total d'exploitants agricoles resterait en fait le même dans la province et la valeur totale de la production agricole risque de diminuer de 5 %.

A l'échelle régionale cependant, les répercussions seraient très importantes. La figure 1 illustre le changement régional, dans la province, du nombre d'exploitations agricoles et de la production par suite des changements de la capacité de production. Le nombre d'exploitants agricoles du sud de l'Alberta diminuerait de près de moitié par rapport au niveau actuel, tandis que la région de forêts boréales mixtes du nord verrait une augmentation de 50 %. Néanmoins, cette simple analyse ne rend pas compte des stratégies d'adaptation probables que l'on adopterait : changement de types et de variétés de culture, irrigation et autres méthodes qui auraient pour effet d'atténuer les répercussions risquant d'être fâcheuses dans le sud de l'Alberta. L'analyse ne cherche pas non plus si la qualité du sol de la région de forêts boréales mixtes permettrait cette activité agricole.

5. FORÊTS

Il y a eu par le passé des liens entre le climat et les forêts, mais dans la décennie qui nous occupe le seul lien que l'on pourrait trouver serait un lien entre l'occurrence des incendies de forêt et les paramètres climatiques. En fait, on a déterminé que les incendies ne constituaient pas un élément en bonne corrélation avec les changements de la moyenne des précipitations pendant la décennie. La hauteur de précipitations n'est pas le seul paramètre intéressant; la répartition des précipitations dans l'année est d'une importance égale sinon supérieure.

L'année 1988 a été relativement sèche et pourtant les incendies de forêt ont eu une importance nettement inférieure à celle de la moyenne à long terme. On attribue cette constatation à la répartition relativement uniforme dans le temps des épisodes de précipitations au cours des mois de juin et juillet. En outre, les précipitations de l'année totale ont été inférieures à la normale dans les régions de forêts de la province, mais elles ont été supérieures à la normale pendant la période de juin à septembre.

On ne peut estimer de façon réaliste les répercussions du changement climatique sur le risque éventuel de pertes par incendie tant qu'on ne peut accorder une plus grande confiance à la distribution saisonnière des prévisions de précipitations établies par les MCG.

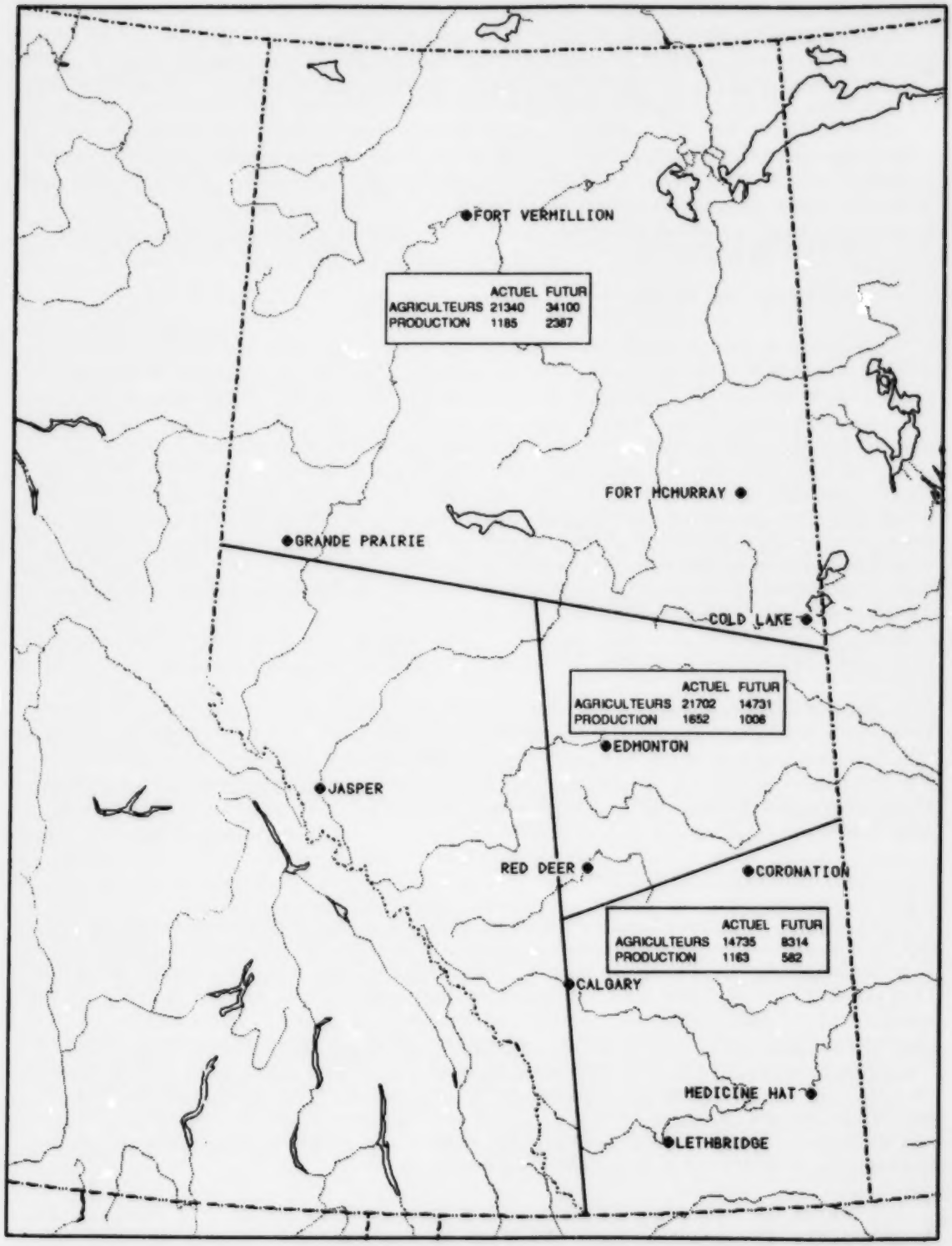


Figure 1. Changement du nombre total d'exploitants agricoles et de la valeur (en milliers de dollars) de la production agricoles des régions selon les scénarios du changement climatique élaborés à partir du GISS.

L'expansion des prairies vers le nord et la réduction par conséquent de la superficie couverte par la région de forêts boréales mixtes dans la province laisse prévoir une perte sensible probable de la production forestière. L'accroissement prévu de la production de biomasse en raison de l'augmentation du CO^2 dans l'atmosphère compenserait légèrement cette perte. A ce point-ci, il faut faire davantage de recherche sur les interactions complexes entre le climat, les forêts et l'économie pour prévoir les répercussions du changement climatique.

6. SECTEUR DE L'ÉNERGIE

6.1 Liens par le passé

Certaines entreprises de production d'énergie ont modélisé les liens entre la température et la demande d'énergie. Ainsi, on accepte largement la corrélation qui existe entre l'énergie utilisée pour le chauffage des locaux et le paramètre des degrés-jours de chauffe. Cependant, tout comme pour l'agriculture, la demande totale d'énergie électrique dans la province (dans les sous-catégories de l'agriculture, de l'habitation, du secteur commercial et du secteur industriel) ne parait pas en corrélation étroite avec les températures. Le regroupement des températures de la province et la mise en moyenne des températures d'une vaste région masquent les corrélations. Le changement de la demande en raison d'autres facteurs comme la croissance, les programmes d'efficacité énergétique, etc. masque davantage encore les liens avec les facteurs climatiques.

6.2 Conditions en 1988

La consommation d'électricité a été dans tous les secteurs plus importante en 1988 que pendant les années précédentes. La consommation de gaz naturel dans la province a aussi été plus élevée que pendant les années précédentes. Dans ce cas-ci, les effets de la croissance économique, contraires aux effets attendus de la température plus élevée, ont été plus importants.

6.3 Scénarios éventuels

D'après le scénario du GISS, on estime que le changement climatique entrainerait une économie nette d'environ 0,5 % de la consommation d'énergie électrique totale. Cette économie proviendrait de la combinaison de l'accroissement de la consommation pendant les mois d'été et de la diminution pendant les mois d'hiver. Outre l'économie directe, le système serait légèrement plus efficace dans son ensemble. D'après les estimations touchant l'énergie, on pourrait réaliser, au niveau des investissements, une économie de plus de 300 millions de dollars dans le coût d'installation de centrales. Les besoins en énergie électrique dans des secteurs économiques donnés changeraient sensiblement toutefois. Ainsi, la demande d'énergie pour les besoins de l'irrigation pourrait augmenter de 20 %.

D'après le scénario du GISS, il y aura environ 20 % de réduction des degrés-jours de chauffe. Comme 80 % de la consommation de gaz naturel sont

liés à ce paramètre, on peut en déduire une réduction sensible de la consommation. Tout comme pour le secteur de l'énergie électrique, il y aurait réduction de la demande maximale en hiver en raison du réchauffement plus important pendant cette saison.

On n'a pas estimé les effets secondaires sur la demande d'énergie. On reconnait cependant que les changements du taux de croissance industrielle et du taux de croissance de la population, et que les changements de la répartition par zone entraîneront des changements importants dans la province et pourraient se refléter aussi dans l'utilisation globale.

7. AUTRES SECTEURS

On admet que le climat et les conditions météorologiques sont des paramètres importants qui déterminent les régions adaptées aux loisirs et contribuent à l'attrait des régions pour les touristes. Des études effectuées au préalable ont déterminé les paramètres climatiques et météorologiques critiques pour des loisirs donnés. Ainsi, Masterton et ses collaborateurs (1986) ont trouvé que la moitié sud de l'Alberta convient le mieux aux activités estivales, les basses températures étant la limite essentielle des activités dans le nord. En hiver, cette même étude a déterminé que la région la plus adaptée aux loisirs se trouvait juste sous le vent des montagnes Rocheuses et dans le centre des régions de forêts boréales. Dans les autres régions de la province, on a jugé les activités moins propices aux loisirs en raison de l'un ou de plusieurs des facteurs suivants : basses températures, vents forts, enneigement insuffisant.

La plupart des liens entre le climat et les loisirs sont extrêmement spécifiques et une activité dépend étroitement d'une variable climatique. En outre, pour élaborer des scénarios pour l'avenir, il a été nécessaire de choisir une activité de loisirs dépendant étroitement soit de la température moyenne, soit des précipitations totales. Comme les activités dépendent aussi de nombreuses variables non climatiques, il n'était pas possible de déterminer les liens spécifiques du climat et des loisirs pour les utiliser davantage dans l'étude. Finalement, on n'a pas de statistiques économiques en général assez détaillées pour confirmer les liens. Mais en général, les résultats de Masterton et de ses collaborateurs (1986) laissent entendre que le changement climatique étendrait les possibilités d'activités estivales vers le nord tandis que les effets sur les activités hivernales paraissent plus incertains.

Les populations fauniques sont, elles aussi, liées au climat. L'effet du changement climatique sur les marécages et les populations de sauvagine en particulier suscite des inquiétudes. Cependant, les liens entre le climat et le nombre et la répartition des marécages ne sont pas suffisamment définis pour permettre une analyse approfondie.

8. CONCLUSIONS

On a comparé aux scénarios des MCG les données sur la température et les précipitations pour la période allant de 1978 à 1988. Etant donné surtout un manque de corrélation avec le régime des précipitations, il n'a pas été possible de trouver une année donnée qui corresponde bien aux scénarios du changement climatique des MCG. Par conséquent, on n'a pas pu établir une base rigoureuse pour estimer les répercussions économiques d'une année analogue à une année à venir. Dans certains secteurs particuliers de l'économie, on a trouvé des liens et noté des répercussions éventuelles probables.

Dans l'ensemble cependant, on a déterminé que l'activité économique globale d'un secteur de la province dépend rarement d'une combinaison de température moyenne ou de précipitations totales. Pour parvenir à trouver des liens entre le climat et l'économie, il faut examiner les données à l'échelle régionale et pour des secteurs bien précis de l'économie. On affaiblit les corrélations en faisant la moyenne des données globales de tous les secteurs ou toutes les régions.

Par conséquent, pour poursuivre l'analyse économique, il faut disposer de scénarios du changement climatique suffisamment détaillés dans le temps et dans l'espace pour qu'ils correspondent aux données économiques. Comme bon nombre de secteurs de l'économie dépendent de variables climatiques très spécifiques, il faut disposer de prévisions des MCG pour un bien plus grand nombre de variables climatiques ainsi que de données sur la variabilité, la fréquence et les phénomènes extrêmes. Il faut aussi améliorer la fiabilité des données des MCG; ainsi, il faut que les MCG arrivent à prévoir les précipitations avec de moins grandes variations afin qu'on puisse utiliser ce paramètre en toute confiance.

Il ne semble donc pas justifié, à ce point-ci, de poursuivre des études sur les répercussions climato-économiques destinées à des scénarios éventuels, sauf pour des secteurs très précis où l'on connaît les liens forts qui existent et pour lesquels on considère comme sûres les données des MCG. Le besoin de déterminer les répercussions climatiques actuelles sur les diverses activités économiques est toujours là cependant, car nous devons surveiller les répercussions et nous préparer à effectuer d'autres études des répercussions une fois améliorées les données des MCG.

9. OUVRAGES DE RÉFÉRENCE

Masterton, J.M., et collaborateurs Le climat dans les provinces des prairies et son influence sur le tourisme et les loisirs de plein air, REC-1-75, Direction des applications météorologiques - Environnement Canada, Toronto, 1986.

Rizzo, B. La vulnerabilité des écosystèmes de Canada aux changement climatique, périodique de la récherche CCCET, numéro 17 (1988, page 11-13, 5 septembre 1989.